Sur les Phonolites du N.E. de Madagascar.

Par E. Jérémine et A. Lenoble.

Dans le quatrième volume de la Minéralogie de Madagascar que A. Lacroix avait l'intention de faire paraître, il a réservé un petit chapitre aux *phonolites* du N.E. de l'Ile : vallée de l'Amparihy, gisements entre Andapa et Bealanana. Les phonolites et les roches du même cortège ont été déjà décrites par notre Maître dans l'Ankaizina et la province pétrographique d'Ampasindava qui, dans le N.-W. de Madagascar et sur le versant du canal de Mozambique, font pendant au massif de l'Amparihy. De cette dernière région, il n'a pu donner que quelques lignes de description (*Min. de Mad.*, t. III, pp. 27, 30 et 198), notant que ces laves sont presque identiques à celles du N.-W. de l'Ile. Mais, en 1936, l'un, de nous (A. L.) lui apportait de nouveaux matériaux démontrant que les gisements de l'Est débordent de beaucoup les limites de la vallée de l'Amparihy et s'étendent tout particulièrement dans les vallées du Manampatra et de l'Antsahamalandy.

A. Lacroix ouvrait ce chapitre (notes manuscrites) par la phrase suivante : « La découverte des phonolites dans le N.-E. de l'Ile est due à M. Lenoble. »

Notre intention est de rappeler brièvement les principaux caractères minéralogiques et chimiques des phonolites dans la partie N.-W. de Madagascar, d'y ajouter quelques analyses chimiques inédites que A. Lacroix a fait faire depuis sa première description (*Min. de Mad.*, t. I, p. 85 ; t. II, p. 616 ; t. III, p. 26) et de nous arrêter un peu plus longuement sur les caractères lithologiques des gisements du N.-N.-E. en réunissant les analyses chimiques déjà publiées et celles effectuées du vivant de A. Lacroix mais non encore parues.

Dans le chapitre intitulé « Microsyénites néphéliniques et tinguaïtes », A. Lacroix (t. II, p. 616) signalait que les phonolites : 1) accompagnent des roches correspondantes grenues ou 2) sont indépendantes et représentent peut-être les cheminées appartenant aux coulées phonolitiques, enlevées actuellement par l'action de l'érosion. Elles forment des dykes, des filons et, plus rarement, des dômes.

A. Lacroix faisait les distinctions suivantes dans le groupe des phonolites de Madagascar :

1) Phonolites néphéliniques, aphyriques ou porphyriques.
2) Phonolitoïdes, dans lesquels la néphéline n'est pas exprimée mais qui contiennent de la *noséane*.
3) Tinguaïtes, caractérisées par une richesse en aegyrine aciculaire.
4) A ces phonolites typiques qui sont presque toujours hyperalcalines (présence de l'aegyrine) se rattachent les *tahitites*, plus riches en chaux, dépourvues d'aegyrine, mais contenant toujours de l'haüyne.
Leurs paramètres magmatiques sont : I-II. 6.2.4., tandis que ceux des phonolites : I. (ou II. pour les tinguaïtes) 6.1.4.

Voici une liste de roches analysées dans la partie N.-N.-W. :
Phonolites néphéliniques :

1) Mont Ankitsika : I. 6.1.4. à augite aegyrinique, aegyrine, barkévicite.
2) Ankify : I (II). 6.1'.'4. à orthose, hornblende barkévicitique, et augite aegyrinique dans la pâte.
3) Dzouadzi (Comores), bloc dans les tufs, faciès tinguaïtiques : I. (II). 5·(6). (1) (2). 4. Vitreuse, à analcime, avec fines aiguilles d'augite aegyrinique et d'aegyrine.
4) Nosy Mitsiou : I. (5) 6. (1) 2.4. Aphyrique, à augite aegyrinique et aegyrine.
5) Nosy Komba : Trainées dans les microsyénites néphéliniques. I. 6.1'.'4. à phénocristaux d'orthose et de néphéline, augite verte, barkévicite et biotite.

Phonolitoïde :

1) Anjouan (Comores) : II. 6'.'1.4. à orthose sodique, hornblende brune et noséane.

Tinguaïtes :

1) Bezavona : I (II). 6 (7). 1'.4. Porphyrique, à orthose, avec néphéline dans la pâte, riche en aegyrine.
2) Antsohanina : I'. 6 (7). 1'.4. Sphérolitique fluidale.
3) Andrakaka : I'. 6.1.4. Porphyrique, à néphéline et orthose, microlites d'augite aegyrinique et d'aegyrine dans la pâte.

Latite néphélinique d'Ankitsika se rapproche des phonolites ; ses paramètres sont : II. '6.2.3. ; elle est composée d'un fond isotrope qui paraît être du verre, avec quelques microlites d'orthose et d'augite.

A. Lacroix considérait comme un passage des phonolites aux ordanchites (t. III, p. 31) une *tahitite* de Bekatopo : I (II.) 6.1(2).4, à gros cristaux d'anorthose, d'arfvedsonite et d'haüyne.

Les phonolites de la même région dont les analyses, effectuées par F. Raoult (voir la liste p. 448), n'ont pas été publiées, sont les suivantes :

1) Tinguaïte aegyrinique analcimique, Vallée d'Antsahakolany (an. 1). I'. 6^1.1.4'. Elle est aphyrique avec un fond incolore isotrope (analcime), parsemé de baguettes d'albite, de quelques plages d'orthose et de nom-

breuses aiguilles d'aegyrine. Accidentellement, elle est envahie par de très grandes plages poecilitiques d'orthose. La néphéline est rare, le déficit de silice est déterminé par l'analcime.

2) Tinguaïte aphyrique analcimique (an. 2), Anjouan, Comores. I'. 6.1'.4. Identique à la précédente par ses compositions minéralogique et chimique, elle est riche en analcime, avec des cristaux très nets de néphéline, parfois parfaitement frais, entourés par des cristaux aciculaires d'aegyrine. La présence de l'alumine libre dans le calcul est un signe d'altération partielle de la néphéline en analcime ainsi qu'en silicates d'alumine.

3) Phonolite à augite, Mutsumudu, Anjouan, Comores (an. 3). II. 5 (6). 2.4. C'est une roche à structure aphyrique, riche en longs microlites d'orthose et d'albite, avec néphéline automorphe devenue trouble et envahie presque complètement par une matière isotrope (analcime). La pâte est riche en frêles baguettes d'augite incolore accompagnées parfois de hornblende brune faiblement polychroïque ; des grains et des cristaux cubiques de magnétite sont très abondants. Par ses paramètres magmatiques, sa richesse relative en chaux, fer et magnésie, cette roche entre dans la catégorie des types calcoalcalins.

4) Phonolite porphyrique à augite aegyrinique. Ankitsika, N. de Maromandia. I. 6.1 (2). 4. Les gros cristaux du premier temps sont constitués par de l'orthose, de l'augite aegyrinique et des cristaux d'aegyrine en très petit nombre. Dans la pâte, les microlites d'orthose, d'albite, de néphéline, sont accompagnés de petits cristaux de barkévicite d'un brun très foncé.

5) Andevenanaomby. I'. 6.1'.4. Lave vitreuse avec des sphérolites d'aegyrine.

1) Vallée d'Antsahakolany .... I'. $6^1 1.4^1$.
2) Anjouan (Comores) .... I'. 6.1'.4.
3) Mutsumudu *(id.)*........................... II. 5 (6).2.4.
4) Mont Ankitsika, N. de Maromandia .... I. 6.1 (2).4.
5) Andevenanaomby .... I'. 6.1'.4.

	1	2	3	4	5	6
SiO_2	54.12	53.42	49.14	56.12	54.62	58.08
Al_2O^3	21.80	21.35	19.18	23.01	21.17	21.23
Fe_2O_3	2.48	4.61	3.95	1.20	1.87	1.53
FeO	0.90	0.84	3.71	2.09	2.31	2.94
MnO	0.23	0.41	0.17	0.27	0.24	0.24
MgO	0.42	tr.	2.02	0.17	tr.	0.28
CaO	0.92	1.02	3.98	1.50	1.82	1.90
Na_2O	11.11	8.75	6.13	8.39	8.96	7.52
K_2O	3.38	4.01	3.09	5.64	4.43	4.66
TiO_2	tr.	0.17	1.00	0.18	0.18	0.23
P_2O^5		0.21	0.59	0.12	tr.	0.08
H_2O+	4.71	4.31	3.95	1.09	4.39	0.85
H_2O-	0.15	0.62	2.96	0.33	0.27	0.19
Cl		0.13			0.06	0.19
	100.22	99.85	99.87	100.11	100.32	99.92

L'analyse 6 se rapporte à une roche qui se trouve entre les deux régions et au Nord. C'est une métaphonolite (à néphéline en partie détruite) à augite aegyrinique et aenygmatite du Mont Tsaratanana (voir un trachyte phonolitique provenant de S.W. de Tsaratanana, analyse n° 328 Min. Mad., p. 26) : $1'.5 \rho (6). (1)2.4.$

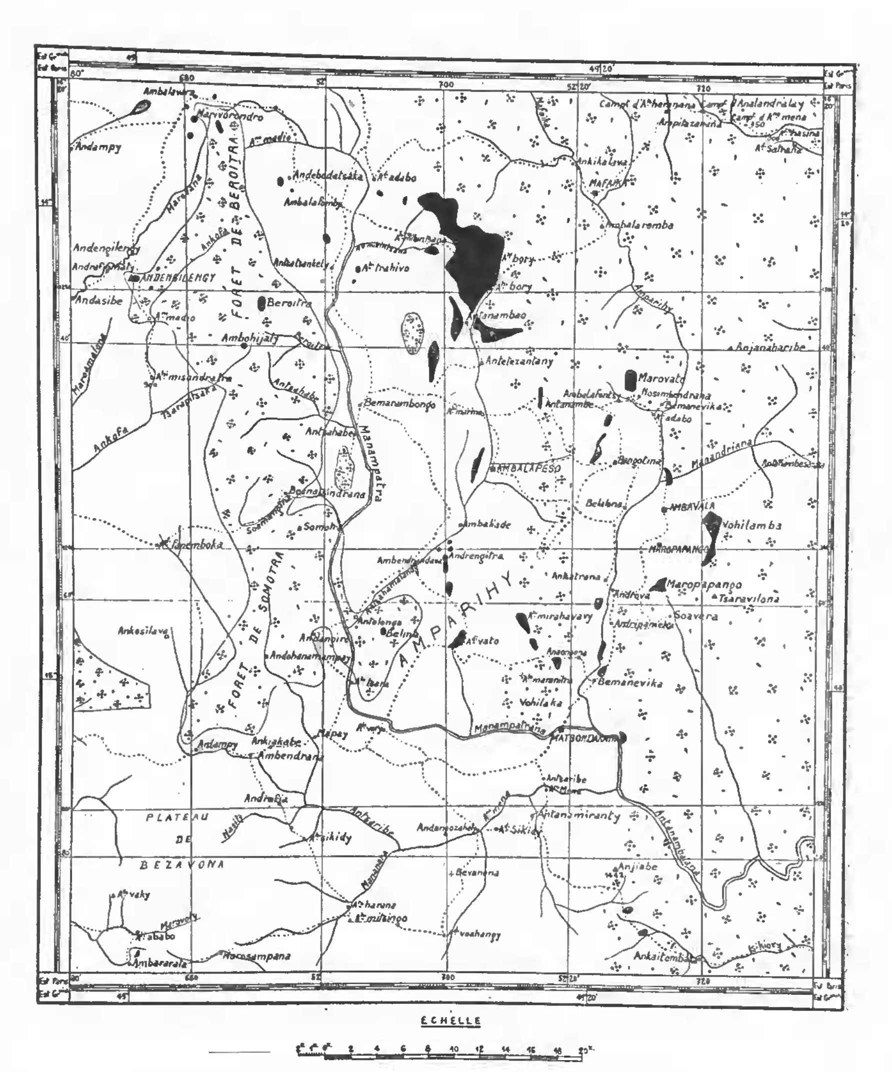
Les gisements des roches qui font plus spécialement l'objet de cette note sont situés entre Andapa et Bealanana, dans le N.-N.-E. de Madagascar, et chevauchent, assez disséminés, la limite des feuilles géologiques au 200.000ᵉ qui portent ces mêmes noms ; ils sont localisés, près de la lisière de la zone forestière de l'Est, dans les bassins des Manampatra, Antsahamalandy et Amparihy, qui constituent le haut bassin de l'Antanambalala, fleuve tributaire de l'Océan Indien dont l'embouchure est située à l'extrémité N. de la baie d'Antongil ; leur extension paraît circonscrite vers l'Est, par la bordure forestière, mais il ne doit pas en être réellement ainsi puisqu'on trouve dans les galets de certaines rivières qui irriguent cette forêt, difficilement pénétrable et désertique, de nombreux témoins de roches identiques dont les affleurements sont inconnus et pratiquement non repérables.

Les phonolites du massif de l'Amparihy et des régions avoisinantes, leurs gisements dépassant le cadre primitivement admis, présentent toutes des conditions de gisements identiques : elles forment des dômes, des pitons ou des culots que l'on considère comme les vestiges de coulées enlevées par l'érosion, mais il n'est pas sûr que d'importantes coulées aient existé puisqu'aucune trace n'en subsiste ; ces pitons ou dômes pourraient fort bien correspondre à des cheminées d'éruptions qui n'ont sans doute pas dépassé de beaucoup en ampleur ce qu'on en connaît. Le dôme de l'Ahi Bory, dont il sera parlé plus loin, semble militer en faveur de cette hypothèse.

Ces cônes, dômes ou pitons, ont percé, sans aucun phénomène de contact, soit les gneiss qui constituent la majeure partie des vastes plateaux latéritiques de la région, soit les granites comme celui de l'Anjahanaribe, dans le haut Amparihy.

Ce qui est le plus frappant dans ces plateaux latéritiques, c'est cette dispersion, sans ordonnance, des pitons ; mais, ce sont les dômes dégradés qui, quoique moins spectaculaires, forment les gisements les plus importants et aussi les plus intéressants. Il faut mentionner spécialement l'Ambohi Bory (1.340 m.), dont les dimensions (6 km. du Nord au Sud et 4 km. d'Est en Ouest) permettent une étude détaillée des variations lithologiques de cet appareil volcanique.

On a attribué à ces phonolites, et à leur cortège de roches, un âge post-liasique ; *a priori*, rien ne permet de le définir avec exactitude, et ces roches ne sont datées que par analogie d'aspect et de carac-



Carte des régions de l'Amparihy et de l'Antsahamalandy.
(En noir, les gisements de phonolites.)

tères lithologiques avec les roches assez voisines de la province d'Ampansindava qui, elles, sont indubitablement post-liasiques, puisqu'elles recoupent les sédiments de eet âge.

Comme nous l'avons signalé, A. Lacroix connaissait déjà, lors de la publication du t. III de la Minéralogie de Madagascar, l'existence des phonolites dans la vallée de l'Amparihy. Nous tenons à reproduire textuellement sa eourte description (p. 198) :

« A 80 kilomètres au Sud-Est de Bealanana, près de l'Amparihy, affluent de gauche du Manampatra (cf. t. I, p. 112), se trouvent de petits dômes fort remarquables de roches volcaniques. Ce centre volcanique est caractérisé par des extrusions de *phonolites*, de *tahitites* et même de *syénites à feldspathoïdes*, se dressant sur un plateau gneissique latéritisé. Toutes ces roches sont très sodiques, mais en même temps passablement potassiques ; elles sont remarquables par l'abondance des minéraux du groupe haüyne-noséane dans plusieurs d'entre elles et notamment dans les syénites ; à la noséane près, ces phonolites sont identiques à celles de la province d'Ampasindava ; à Ankitsika se trouve une tahitite comparable à celle de l'Amparihy. »

La question se pose de savoir si tous ees gisements dispersés appartiennent à une seule venue répandue en eoulée, ou à des dômes et pitons isolés, chacun d'eux présentant quelques caractères minéralogiques ou pétrographiques spéciaux. Essayons de voir si l'étude de la composition minéralogique et de la structure des phonolites de cette région peut donner la solution de ce problème.

Composition minéralogique. — La caractéristique principale réside dans la constance et la variété des minéraux déterminant le déficit de silice (néphéline, haüyne, sodalite, analcime) et l'alcalinité (orthose, albite, anorthose parmi les feldspaths et l'aegyrine comme barylite). L'aegyrine est accompagné souvent par des amphiboles, généralement riches en sesquioxyde,s plus ou moins sodiques et titanifères : katoforite, arfvedsonite, barkévicite et aenygmatite (Na_2 $AlFe_5$ $TiSi_5$ O_{21}).

Enfin, il faut noter la présence de l'*hainite*, silieate zirconifère assez rare, qui contient Na, Ca, Zr, Ti, Si, O, etc., et ne se rencontre à Madagascar que dans cette région. Les éléments accessoires sont rares et peu variés : sphène, apatite.

Le massif principal de l'Ambohi-Bory et ses abords sont composés de phonolites porphyriques, de couleur grise, à grands phénocristaux de sanidine. Ces derniers sont accompagnés de petits cristaux d'haüyne et d'augite aegyrinique bordée d'aegyrine, tandis que la pâte fine, feldspathique, est bourrée de néphéline et contient de l'aegyrine (an.1). Dans le gisement au N. du village d'Antetezantana (région Ouest du massif), les gros cristaux de feldspath, de néphéline et d'haüyne sont entourés d'une pâte cristalline avec fins

microlites d'aegyrine ; le sphène, un peu de barkévicite, bordée d'aegyrine, sont des minéraux accessoires.

La même variété se trouve à Antanambo (extrémité Sud du massif).

Très cristalline, à gros cristaux de sanidine, souvent disposés en étoilements et entourés d'une pâte feldspathique fluidale, elle est riche en néphéline et en aegyrine avec analcime dans les interstices. Le sphène et la calcite sont rares.

Au sommet d'Antanambao, nous rencontrons le même type qui, par sa forte cristallinité passe aux microsyénites ; les microlites feldspathiques, atteignant 1 mm., sont disposés fluidalement, le feldspathoïde est représenté par de rares cristaux d'haüyne altérée ; l'analcime se voit dans les interstices.

Liste des analyses de roches dans la région Est.

1) Phonolite néphélinique à haüyne, Ambohibory...... I'. 6.1.4. [1]
2) » » » Ambohimiravavy . I'. 6.1.4. [1]
3) » » » entre l'Ampatsa et Kaitombaka.... I. 6.1 (2).4 [2]
4) » » » *(Id.)* .... I. (5) 6.1'.'4 [2]
5) » » » Village Ambavala, W. d'Andapa... I. 6.1 (2).4. [2]
6) Tahitite à haüyne et hornblende entre Amparihy et Belalona.................................. II. 6'.(1) 2.4'. [1]

	1	2	3	4	5	6
SiO_2....	57.60	59.51	56.40	57.06	57.28	49.90
Al_2O_3...	20.20	20.40	23.55	20.71	21.86	18.40
Fe_2O_3 ..	1.61	1.50	0.73	0.79	1.00	2.99
FeO	1.12	1.35	1.41	1.62	1.32	3.58
MnO....			0.12	0.15	0.16	
MgO	0.80	0.77	tr.	0.09	tr.	3.34
CaO	1.61	0.77	1.52	1.54	1.56	6.35
Na_2O ..	9.42	9.42	8.84	8.11	8.63	6.69
K_2O....	4.90	4.90	5.72	5.62	5.68	4.39
TiO_2	0.20	0.31	0.09	0.61	0.11	1.67
P_2O_5 ...	0.10		tr.	tr.	tr.	0.08
H_2O+..	2.00	1.40	1.44	1.08	1.70	0.24
H_2O-..			0.27	0.47	0.44	
SO_3.....	0.13		0.06	0.14	0.04	0.04
Cl.......			0.26	0.13	0.47	
	99.69	100.33	100.41	100.12	100.25	99.83

1. A. Lacroix, *Min. de Mad.*, t. III, p. 28 ; p. 31, Analyses de Pisani.
2. Analyses de F. Raoult.

	1	2	3	4	5	6
Or.......	28.91	28.91	33.92	33.36	33.92	26.13
Ab	38.36	42.44	30.78	41.00	34.84	14.67
An	—	—	7.51	4.45	6.12	6.95
Ne......	21.30	19.03	22.79	13.84	18.60	22.72
Na_2 So_4 .	0.14	—	—	0.28	—	—
NaCl....	—	—	0.47	0.23	0.82	
$CaSiO_3$ ..	3.02	1.63	—	1.39	0.70	9.81
$MgSiO_3$..	2.00	1.90	—	0.20	—	7.60
$FeSiO_3$ ..	1.19	1.19	1.53	1.45	0.79	1.19
Aegyrine.	0.83	1.83	—	—	—	—
Olivine...					0.61	0.59
Ma	0.70	1.16	0.93	1.16	1.39	4.41
Ilm	0.46	0.61	0.15	1.22	0.15	3.19
Ap	0.34	—	—	—	—	0.34
An % ...	0	0	20	10	15	33

Vers le village d'Ambatomikitsana (partie Ouest du Massif), un échantillon a été recueilli à aspect aplitique, de couleur claire, parsemé de points noirs. L'examen microscopique permet de voir que c'est presque une syénite à grain fin. Elle est constituée par de la néphéline en cristaux aux contours carrés, atteignant 0,5 mm., entourés de gros microlites feldspathiques ; l'aegyrine et l'analcime occupent les interstices. Une exception parmi ces types assez cristallins, est représentée par une roche compacte, faiblement verdâtre, retrouvée entre l'Ambohi Bory et Antetezantany en bordure Ouest du massif. Il s'agit d'une tinguaïte aphyrique composée de petits cristaux réguliers, frais de néphéline, de microlites feldspathiques, d'aegyrine aciculaire et de rares cristaux d'haüyne avec des inclusions noires. La question se pose de savoir si c'est un faciès de bordure ou un filon.

Dans tous les gisements situés au Sud de l'Ahy Bory, nous ne rencontrons plus de facies porphyriques. A 50 km. au Sud, entre Ampetsa et Kaitombaka, les phonolites grises ou verdâtres ont souvent une cassure conchoïdale. La structure est rarement fluidale, les éléments sont très fins comme dans les types refroidis très rapidement, parfois avec de petits phénocristaux ; l'haüyne est un constituant constant, la *hainite* se rencontre parfois (an. 3), l'augite aegyrinique prédomine généralement sur l'aegyrine, les amphiboles brunes, kataforite et barkévicite sont fréquentes ; la néphéline, très abondante, à formes cristallographiques nettes, est souvent transformée, au moins partiellement, en analcime. Il y a des variétés nettement plus calciques passant aux ordanchites avec des phénocristaux d'anorthose, de plagioclase et des microlites d'augite.

Certaines sont envahies par l'analcime et contiennent de la calcite.

A 20 km. environ au Sud, à Ambohimiravavy (vallée d'Amparihy), une phonolite sombre verdâtre (an. 2,)présente une structure fluidale avec de beaux microlites d'orthose, disposés comme des bois flottants. Riche en aegyrine, elle contient en outre de l'*hainite.* Les phénocristaux d'haüyne, complètement obscurcis par des inclusions, sont associés à la néphéline altérée ; l'augite aegyrinique et l'aegyrine ne se rencontrent que dans la pâte.

Un peu en dehors du massif principal et au S.-E. notamment, près du village d'Ambavala, à l'Ouest d'Andapa, une *tinguaïte* a été recueillie (an. 5). Elle est riche en néphéline et en aegyrine, contient de l'haüyne dans la pâte et de beaux petits cristaux de *hainite,* allongés et poecilitiques.

Dans la même région, entre Amparihy et Belalona, une roche, certainement du même cortège, appartient par sa composition minéralogique et chimique à la famille des *tahitites* (An. 6). Elle est à deux temps avec des phénocristaux d'augite, de hornblende brune, d'haüyne grillagée et de rares plagioclases. La pâte, très cristalline, feldspathique, est imprégnée d'analcime. L'orthose, un peu trouble, est accompagnée de plagioclase à 30-20 % d'An ; les beaux cristaux de néphéline y sont intacts ; les microlites d'augite sont très disséminés. Les minéraux accessoires sont l'apatite et le sphène.

Enfin, la phonolite du culot d'Anjirony est un peu particulière. Sa surface, présentant des faces g^1 de l'orthose, est brillante ; en plaque mince, on voit des plages de ce feldspath aplaties suivant g^1 et maclées suivant la loi de Carlsbad, orientées dans le même sens comme dans les *sölvsbergites.* Cette phonolite contient de l'aegyrine, de l'arfvedsonite et de l'aenygmatite.

Nous avons de cette région six analyses chimiques, dont l'une seulement du massif principal de l'Ambohi Bory (an. 1). Elle est identique à celle d'Ambohi Miravavy, les deux contiennent de la néphéline et de l'aegyrine virtuelles et réelles. Les trois autres phonolites provenant du S.-E. (vallée d'Isikiory) et du village d'Ambavala sont légèrement moins alcalines, ce qui est exprimé par le 3e paramètre = 1 (2) ou 1′ et par l'absence de l'aegyrine dans le calcul (bien que présente en petite quantité dans la roche) et l'apparition de l'anorthite (cependant, la lave d'Ambavala est riche en microlites d'aegyrine mais en voie d'altération). La petite teneur en Cl. dans ces phonolites indique que le minéral isotrope, pris habituellement pour de l'analcime est, en partie au moins, de la sodalite. La plus riche en néphéline (chimiquement et minéralogiquement) est l'une de Kaitombaka ; une phonolite du même gisement (an. 4) contient moins de néphéline et de très nombreux cristaux d'haüyne (dans la pâte) qui est un feldspathoïde calcique (présence

de SO_3 dans l'analyse). Enfin, la tahitite de Belalona est franchement calcoalcaline (anorthite calculée = 33 %).

Le trait commun de ces phonolites de la région Est est, comme l'a fait remarquer A. Lacroix, la présence de l'haüyne, tandis que, à l'W., ce minéral apparaît comme une exception. La hainite, minéral rencontré fréquemment dans les phonolites de Bohême, est une particularité qui est à signaler.

Toutes ces laves sont, en somme, très voisines chimiquement et ont peu de différence avec celles de la région Ouest. Ainsi, les caractères chimiques ne peuvent pas servir de base pour la recherche de leur parenté ou d'une source commune de leur origine. D'autre part, dans aucun des gisements étudiés, on n'a trouvé de produits pyroclastiques, ni tufs, ni faciès vitreux pouvant démontrer leur émission en coulées d'un cratère.

Il y a pourtant une certaine homogénéité dans le massif principal de l'Ambohi Bory, dont le slaves ont la structure porphyrique et fluidale comme nous l'avons signalé. Pour ce centre au moins nous pouvons supposer la formation d'un « dôme », accompagnée peut-être au début par des tufs et des cendres enlevés ensuite par l'érosion. Mais, les phonolites affleurant au Sud et au S.-E. de l'Ambohi Bory n'ont plus ces caractères ; ce sont probablement des filons et des dykes de peu d'importance, car il serait difficile d'admettre qu'une coulée ait pu s'étendre à plus de 50 km. sans laisser aucune trace de son passage : scorie, brèches ou bombes entraînées.

Un fait est certain ; les phonolites de cette région ne sont rattachées à aucun massif de roches grenues de composition identique.

Laboratoire de Minéralogie du Muséum.

Le Gérant : Marc André.

ABBEVILLE. — IMPRIMERIE F. PAILLART. — 25-9-1952.